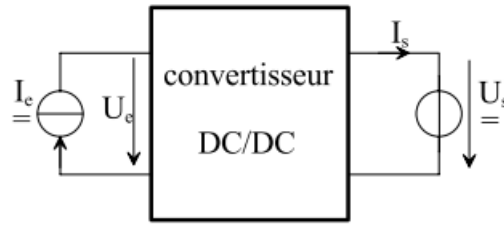


المقطع الرفع للتوتر BOOST CONVERTER

١- مبدأ العمل

يعتمد مبدأ عمل مثل هذه المقطعات الرفع للتوتر على تأمين جريان القدرة بين منبع تيار مستمر ومنبع توتر مستمر (حمل توتر) كما في الشكل ١.٢١. لكنها تختلف عن المقطع الخافض للتوتر بكون توتر الخرج دائماً أكبر من توتر الدخل.



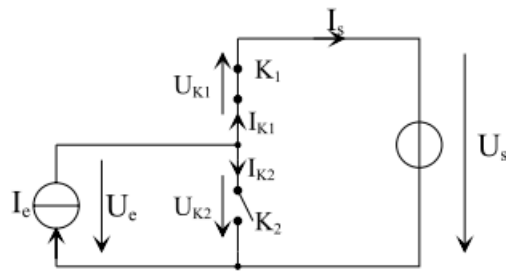
الشكل ١.٢١ المقطع الرفع للتوتر

باستخدام هذا المبدل، نعمل للحصول على تثبيت القيمة المتوسطة لتوتر خرج المبدل $\langle U_s \rangle$ والذي يجب أن يستجيب للشروط التالية:

- $\langle U_s \rangle > U_e$ توتر الخرج أكبر دائماً من توتر الدخل.
- أن يكون توتر الخرج منظماً حسب الرغبة وذلك ضمن الشروط المحددة للنظام.

٢- بنية المبدل

خلية التبديل في المقطع الرفع (BOOST) مكونة من خلية تبديل واحدة كما في الشكل ١.٢٢ أدناه .



الشكل ١.٢٢ بنية المقطع الرفع للتوتر

بواسطة اعتماد آلية محددة لتوصيل وحجز القاطعين، يتم تحديد وضعيتين أو مرحلتين من العمل موضحتين في الشكل ١.٢٣ . في حالة كون القاطع K_1 موصلاً، والقاطع K_2 حاجزاً شروط التشغيل هي كالتالي .

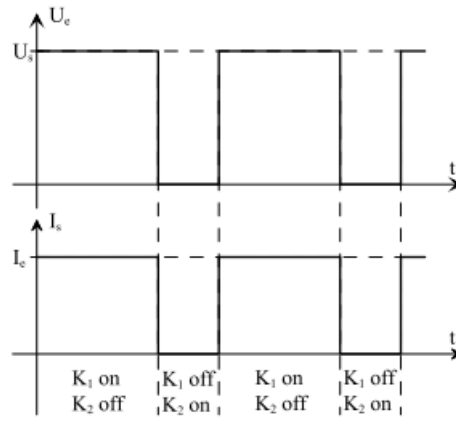
$$U_e = U_s$$

$$I_s = I_e$$

في حالة كون القاطع K_1 حاجزاً والقاطع K_2 موصلاً . شروط التشغيل ستكون كالتالي:

$$U_e = 0$$

$$I_s = 0$$



الشكل ١.٢٣ شكل توتر الخرج وتيار الخرج للمقطع الرافع للتوتر

الخواص الساكنة للقواطع والتبديل

اعتماداً على الشكل ١.٢٢ يمكن القول أن :

$$-U_{K1} + U_{K2} = U_s$$

$$I_{K1} + I_{K2} = I_e$$

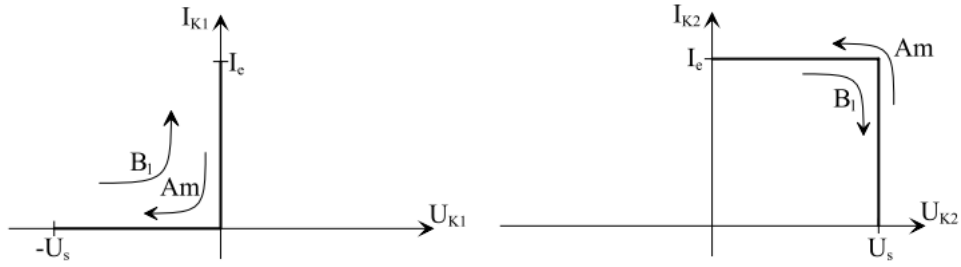
وتبعاً لوضعية التشغيل للقواطع يمكن كتابة ما يلي :

$$U_{K2} = U_s \quad I_{K1} = I_e$$

حالة القاطع K_1 موصل ، والقاطع K_2 حاجز :

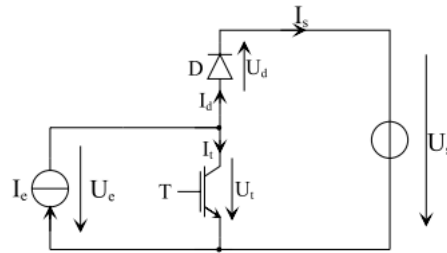
$$U_{K1} = -U_s \quad I_{K2} = I_e$$

حالة القاطع K_1 حاجز والقاطع K_2 موصل :



الشكل ١.٢٤ الخواص الساكنة للقواطع K_1 و K_2

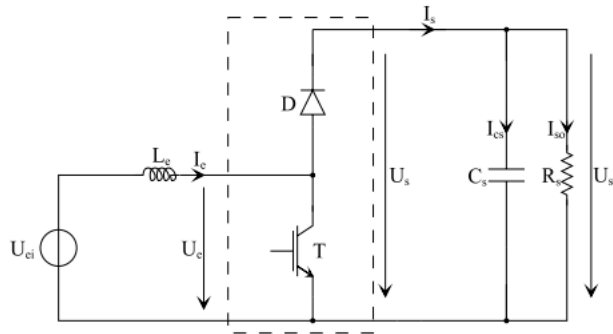
هذا يعني أن حالتين من التشغيل كافيتين لكل قاطع خلال الدور الواحد ، الرمز A_m يشير إلى حالة التوصيل ، والرمز B_1 يدل على حجز القاطع . الشكل ١.٢٤ يوضح حالات الانتقال من الوصل إلى الفصل وما يتحملة كل قاطع من توتر وتيار عند الوصل والفصل وضرورة كون القاطع K_2 مقاد عند الوصل وعند الفصل (ترانزستور Mos., IGBT, Bipolar أو ثيرستور عادي أو GTO، بينما القاطع K_1 يمكنه أن يكون من الديود السريع). وهذا يسمح لنا باستخدام التركيب التالي للمقطع الرافع للتوتر . شكل ١.٢٥



شكل ١.٢٥ مكونات المقطع الرافع للتوتر

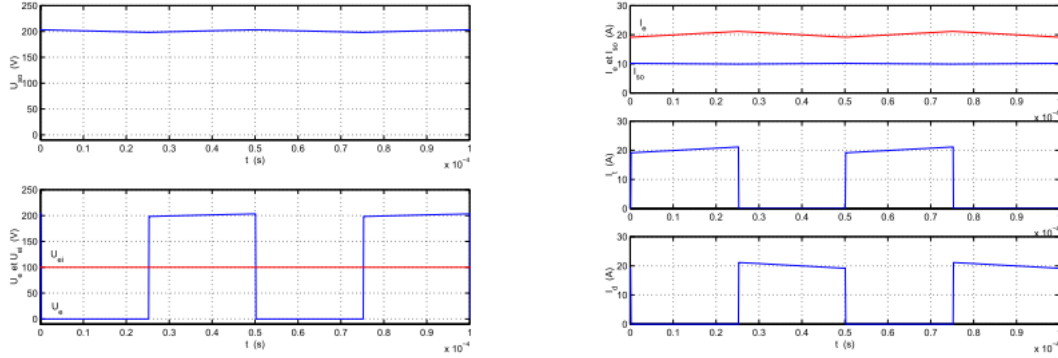
١.٣.٢.٣ العلاقات الناظمة لعمل المقطع الرافع للتوتر

كي نتمكن من تعريف ووضع العلاقات الناظمة لعمل المقطع الرافع للتوتر سوف نعود للشكل ١.٢٦ . نحن هنا بصدد نقل القدرة من منبع تيار باتجاه منبع توتر .



الشكل ١.٢٦ المقطع الرافع للتوتر

- منبع التيار الذي تم اختياره قد يكون مدخرة تقدم توتر U_{ei} وضع معها ملف على التسلسل كي تعطي خواص منبع التيار المطلوب . التوتر المطبق على المقطع U_e .
- منبع التوتر الذي تم وضعه كحمل ، يتكون من مقاومة أومية ربط معها على التفرع مكثف وذلك لتحقيق صفات منبع التوتر المطلوب.
- أشكال التوتر والتيار الناتجة عن هذا المقطع مبينة في الشكل ١.٢٧ .



شكل ١.٢٧ أشكال التوتر والتيار الناتجة عن المقطع الرافع للتوتر التفرعي . a -
التوترات . b - التيارات

بداية نعطي نبضة قرح للقاطع المقاد ، والذي ينتقل للتوصيل ، أي أنه يعمل على قصر المنبع عبر الملف (عملية شحن للملف) وذلك خلال الفترة D من الدور T . بعدئذ ننفق القاطع المقاد لحالة الحجز (سواء كان من الثيرستور او الترنزستور) وعندئذ يتدفق التيار من المدخرة والملف باتجاه الحمل . توتر الحمل سيكون مساوياً لمجموع توتر المنبع وتوتر الملف لذا بالتأكيد سيكون أكبر من توتر الدخل . وسنشرح ذلك لاحقاً بالعلاقات الرياضية .

- تيار الملف I_e مكون من مركبة متوسطة ومن تيار متعرج يتناوب حول القيمة المتوسطة .

- تيار الحمل I_{SO} في مقاومة الحمل ذي تعرجات يمكن إهمالها أمام القيمة المتوسطة، ولذا تم تكبير سعة المكثف لتحقيق هذه الغاية. وقيمة هذا التيار أكبر من تيار الدخل I_e . تبعاً لقيمة عامل الدور D .

- تيار القاطع المقاد $I_t = I_e$ ، وفي هذه المرحلة من الدور سيبدأ بالتزايد بدءاً من قيمة أولية (وسنناقش ذلك لاحقاً) ، بينما تيار الديود يساوي تيار الملف أو تيار الحمل لأن الجميع على التسلسل : $I_e = I_d = I_s$. في هذه الفترة من الدور التيار يتناقص .

سوف نعمل على وضع بعض الفرضيات خلال التشغيل كي نضع العلاقات الناظمة عندئذ .

- دور التبديل للقاطع المقاد أصغر بكثير من دور الاهتزاز للملف, Le والمكثف Cs
عندما يكون القاطع موصل : $T \ll T_0$.
- نعتبر أن تعرجات التيار في المقاومة مهمة أمام مركبة التيار المتوسط المار .
- في حالة التشغيل الدائم مركبة تيار المكثف المتوسطة $\langle I_{CS} \rangle$ تساوي الصفر. بناءً على ذلك يكون لدينا: $I_S = I_{S_0}$ $I_{SC} = I_S$ كذلك بالنسبة للتوترات :
 $U_S = U_{S_0} = \langle U_S \rangle$

- القيمة المتوسطة للتوتر U_S

يمكن بالعودة للشكل ١.٢٨ حساب القيمة المتوسطة لتوتر خرج المقطع الراجع للتوتر :
في هذا الشكل نرى تغيرات توتر الملف للمقطع الراجع للتوتر وتغيرات التيار حول القيمة المتوسطة للتيار. خلال فترة توصيل القاطع المقاد ، أي الفترة **DT** توتر الملف يساوي توتر الدخل وعليه : $U_L = U_{ei}$ ، خلال باقي الفترة من الدور والتي تساوي : **(1-D)T** ، توتر الملف يساوي الفرق بين توتر الدخل وتوتر الخرج :

$$U_L = U_{ei} - U_{S_0}$$

بناءً عليه يمكن حساب القيمة المتوسطة لتوتر الملف U_L

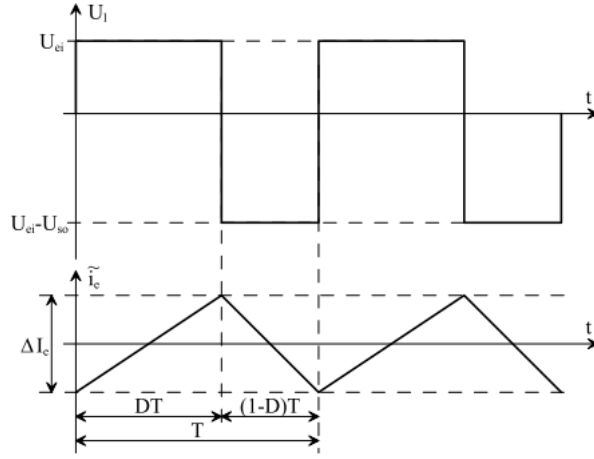
$$U_L = \frac{1}{T} \int_0^T U_L(t) dt$$

$$U_L = \frac{1}{T} \int_0^{DT} U_{ei} dt + \frac{1}{T} \int_{DT}^T (U_{ei} - U_{S_0}) dt$$

$$U_L = U_{ei} D + (U_{ei} - U_{S_0})(1 - D)$$

في حالة العمل المستمر Continues القيمة المتوسطة لتوتر الملف تساوي الصفر، وعليه يكون لدينا:

$$U_L = 0 \Rightarrow U_{S_0} = \frac{U_{ei}}{1 - D}$$



الشكل ١.٢٨ شكل توتر وتيار الملف

ملاحظة : يمكن باختصار التعبير عن العلاقة الناظمة لتوتر الخرج والتيارات المارة بالشكل التالي :

- خلال الفترة التي يكون فيها القاطع المقاد موصلًا $0 < t < DT$ ، والديود في حالة حجز :

$$U_e = L_S \frac{di}{dt} = 0$$

من هذه العلاقة نستنتج أن :

$$i_S = \left(i_0 + \frac{U_e}{L_S} t \right)$$

حيث i_0 التيار في بداية الفترة (وهي القيمة الدنيا للتيار) ويزداد بعد ذلك ليصل للقيمة العظمى عند الزمن DT ويعطى بالشكل :

$$i_{DT} = \left(i_0 + \frac{U_e}{L_S} DT \right)$$

خلال باقي الفترة من الدور $(1-D)T$ ، أو $DT < t < T$ يكون الديود موصلًا والعنصر المقاد حاجزًا يمكن كتابة ما يلي :

$$U_e - L_S \frac{di}{dt} = U_S$$

$$i_S = \left(i_{DT} - \frac{(U_S - U_e)(1-D)T}{L_S} \right)$$

ومنه :

هذا التيار يتناقص، وباعتبار أن التيار المار في بداية الدور يساوي التيار المار في نهايته، وبالتعويض في المعادلتين، يمكن استنتاج العلاقة :

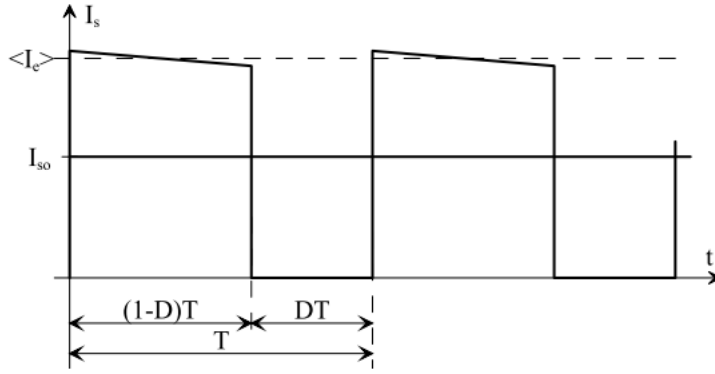
$$i_S = \left(i_{DT} - \frac{(U_S - U_e)(1-D)T}{L_S} \right) = \left(i_0 + \frac{U_e}{L_S} DT \right) - \frac{(U_S - U_e)(1-D)T}{L_S}$$

ومنه نستنتج :

$$U_S = \frac{U_e}{1-D} \quad U_e = (1-D)U_S$$

تيار الخرج Iso

تم تمثيل تيارات الخرج للمبدل Is و Iso في الشكل ١.٢٩، نميز هنا طورين أو فترتين من التشغيل :



الشكل ١.٢٩ شكل تيار الحمل كتابع للزمن والتيار المتوسط للحمل

- فترة كون الترانزستور T موصل وذلك خلال الفترة DT ، حيث أن الديود D يكون في حالة حجز، وعليه فإن تيار الحمل مساوي للصفر .
- فترة كون الترانزستور T حاجز وذلك خلال الفترة $(1-D)T$ ، الديود D سوف ينتقل للتوصيل وذلك ليعمل على استمرار تيار الحمل والتيار الملف ، وعليه $I_e = I_s$.

بإهمال تعرجات التيار I_e مقارنة مع القيمة المتوسطة للتيار يمكن كتابة ما يلي :

$$i_{S0} = \langle i_S \rangle = \frac{1}{T} \int_0^T I_S(t) dt$$

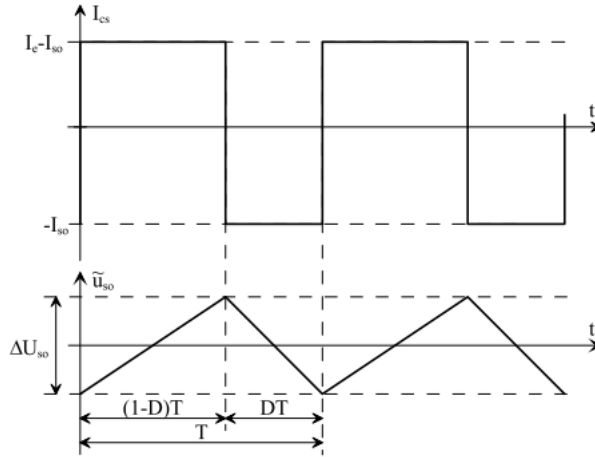
$$I_{S0} = \frac{1}{T} \int_0^{(1-D)T} I_e dt$$

$$I_{S0} = (1-D)I_e$$

نلاحظ بالنسبة للمقطع الرافع للتوتر، أن علاقة تيار الخرج بتيار الدخل تعاكس علاقة التوترات الواردة في العلاقة السابقة..وانه كلما رفعنا من توتر الخرج ، كلما ارتفع تيار الدخل. ولو عدنا لفكرة المحول لوجدنا أن نسبة التحويل في هذه الحالة (1-D). وهذا وإن الاستطاعة المستجرة في الخرج تساوي الاستطاعة المقدمة من المنبع بإهمال المفايد ضمن مكونات النظام .
أي أن : $I_{S0}.U_{S0} = U_{ei}.I_e$

تعرجات توتر الخرج U_{S0}

الفرضيات التي اعتمدها قادتنا للقول أن تعرجات التوتر في الخرج مهمة أمام مطال القيمة المتوسطة لتوتر الخرج ، لكن مع ذلك لا بد من توصيف هذه العلاقة حتى نتمكن من تحديد سعة المكثف الواجب وضعه في الخرج على طرفي الحمل . ولتوصيف التعرجات \tilde{u}_{S0} لتوتر الخرج U_{S0} سوف نعود للشكل ١.٣٠



الشكل ١.٣٠ تعرجات توتر الخرج

استناداً لفرضيات العمل الموضوعه، يمكن تشكيل تيار الحمل I_S من مركبة متوسطة $\langle I_S \rangle$ ومركبة متناوبة \tilde{I}_S . بحيث ان :

$$I_S = \langle I_S \rangle + \tilde{I}_S \quad \text{at} \quad \langle I_S \rangle = I_{S0}, \quad \tilde{I}_S = I_{CS}$$

هذه الحالات مبينة في الشكل ١.٣٠ أعلاه ، ونرى أن تيار المكثف I_{CS} يتركب من مركبتين تساويان بالتتابع $I_e - I_{S0}$ خلال الفترة $(1-D)T$ من الدور ، ويساوي I_{S0} خلال الفترة DT . يمكن التعبير عن تغيرات توتر الخرج بالعلاقة :

$$I_{CS} = C_S \frac{dv_S}{dt}$$

التوتر على المكثف C_S يتغير خطياً. مما يسمح خلال الفترة $T(1-D)$ بكتابة :

$$v_s = \frac{1}{C_S} \int_0^{(1-D)T} (I_e - I_{s0}) dt$$

$$\Delta U_{s0} = \frac{1}{C_S} [I_e - I_{s0}]_0^{(1-D)T}$$

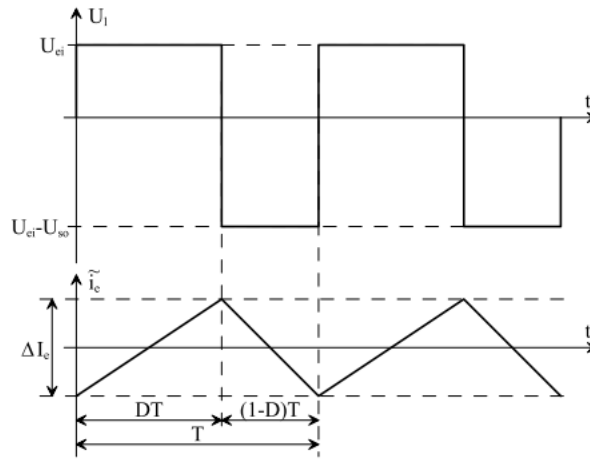
$$\Delta U_{s0} = \frac{1}{C_S} I_{s0} \cdot DT$$

$$\Delta U_{s0} = \frac{1}{R_S \cdot C_S \cdot f} U_{s0} D$$

تمثل ΔU_{s0} مطال تعرجات توتر الخرج للمبدل. في حال كون ثوابت المبدل ثابتة (مقاومة الحمل R_S والمكثف C_S والتردد f وتوتر الدخل U_e) فإن مطال تعرجات توتر الخرج U_{s0} ستكبر كلما ارتفع عامل الدور. رفع تردد التقطيع f يعمل على إنقاص سعة مكثف الخرج .

تعرجات تيار الدخل I_e

يبين الشكل ١.٣٢ التوتر U_L على طرفي الملف L_S ، كذلك التغيرات الخطية \tilde{i}_e للتيار I_e المار في الملف والقادم من المنبع .



شكل ١. ٣١. تعرجات تيار الدخل أو تيار الملف

- نلاحظ خلال فترة توصيل القاطع المقاد T أن التوتر على طرفي الملف L_S يساوي U_e ، وهذه الفترة من الطور تسبب تزايد تيار الملف .

- خلال الفترة الثانية من الدور (1-D)T القاطع المقاد في حالة حيز والديود موصل، التوتر على طرفي الملف يساوي: $U_{ei} - U_{S0}$. وحيث أن $U_{S0} > U_{ei}$ ، فإن توتر الملف يصبح سالباً وهذا يسبب تناقص في التيار المار في الملف .
خلال الفترة التي يكون فيها توتر الملف موجباً يمكن القول أن :

$$U_L = U_{ei} = L_S \frac{\Delta I_e}{DT}$$

حيث أن ΔI_e هو مطال تعرجات التيار I_e . وعليه يصبح لدينا :

$$\Delta I_e = \frac{U_e}{L_S \cdot f} D$$

من العلاقة أعلاه نجد أن مطال تعرجات التيار في الملف I_e يتناسب مع عامل الدور D ، وكي نحدد حجم الملف L_S من المهم الانتباه للقيمة العظمى لعامل الدور D ، وذلك حتى لا تتجاوز تعرجات التيار ΔI_e القيمة التي تم تحديدها مسبقاً . علينا أن لا ننسى أثر رفع قيمة تردد التقطيع ، الذي يعمل على خفض قيمة الحثية ويثبت مطال تعرجات التيار .
بما أن تعرجات تيار الملف تتبع عامل الدور ، ومقاومة الحمل ، وتردد التقطيع ، وقيمة الحثية للملف المستخدم ، ويمكن الربط بينها بالشكل :

$$\Delta I = 2I_L \Rightarrow \frac{U_e}{L_S \cdot f} = 2I_L = 2I_S = \frac{2U_e}{(1-D)R}$$

ومنه نحسب القيمة الحثية للملف L_S :

$$L_S = \frac{D(1-D)R}{2f}$$

وهي القيمة الحدية التي يجب أن تكون قيمة الحثية المستخدمة في دائرة المقطع التفرعي أكبر منها لتجنب العمل في حالة التوصيل المتقطع (وصول التيار إلى القيمة صفر خلال الدور) لأن هذه الحالة مضرّة بعمر لتجهيزات الكهربائية وخاصة المدخرات وخلايا الوقود كما أنها تؤدي إلى انخفاض المردود ويجب تجنبها .

بنفس الطريقة يمكن حساب القيمة الحدية لسعة المكثف، إذا كان توتر المكثف المتوسط V_C ،
تعرجات توتر المكثف يعبر عنها بالشكل :

$$\Delta v = 2U_S \Rightarrow \frac{I_S D}{C_S \cdot f} = 2U_S = 2I_S \cdot R$$

ومنه نكتب :

$$C = \frac{D}{2f.R}$$

طرق التشغيل أو التوصيل

كما في المقطع الخافض للتوتر BUCK، يمكن هنا أيضاً تمييز ثلاث طرق للتشغيل تبعاً لطبيعة التيار المار في الحمل :

- التوصيل المستمر : تيار الملف I_e لا ينعدم أبداً ، وجميع العلاقات المذكورة أعلاه تعود لحالة التشغيل هذه .
- التوصيل الحرج : ينعدم التيار بشكل حرج في نهاية فترة العمل $(1-D)T$ القيمة المتوسطة والدنيا تكون مساوية للصفر .
- التوصيل المتقطع غير المستمر: يصل التيار I_e للقيمة صفر قبل انتهاء الفترة $(1-D)T$.

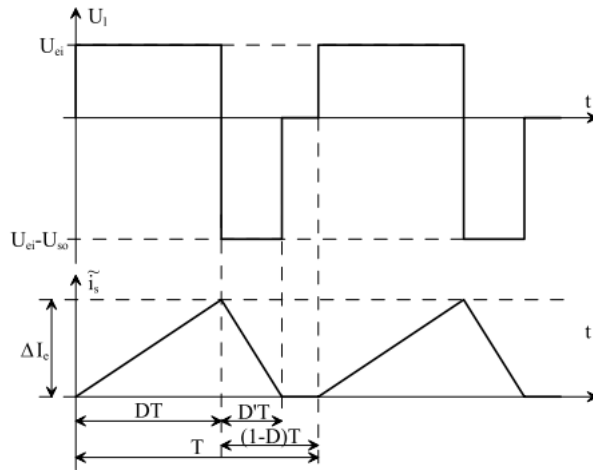
شرط التوصيل المستمر أن يكون لدينا : $\Delta I_e = \frac{1}{2} I_e$

$$I_{SO,lim} = \frac{1}{2}(1-D)\Delta I_e \quad \text{يمكن القول أن :}$$

حيث أن التيار $I_{so\ lim}$ هي القيمة الحدية للتيار ISO التي من أجلها تبدأ حالة التشغيل غير المستمر. تعويض العلاقتين السابقتين. في العلاقة الأخيرة يعطي العلاقة الناظمة للعمل في الحالة الحرجة الحدية :

$$I_{SO,lim} = (1-D)D \frac{U_{ei}}{2L_S.f}$$

فيما يخص حالة التشغيل غير المستمر ، يمكن العودة للشكل ١.٣٣ وفيه نميز ثلاث أطوار من العمل :



الشكل ١.٣٣ حالة التوصيل غير المستمر ، المتقطع

- خلال الفترة DT يكون القاطع المقاد موصلًا . التوتر المطبق على الملف يساوي U_{ei} وتوتر المنبع . هذه الفترة توافق تزايد في مرور التيار في الملف L .
- خلال الفترة الزمنية $D'T$ يكون القاطع المقاد في حالة حجز ، والديود موصل . التوتر المطبق على طرفي الملف L ، يساوي توتر المنبع مطروحاً منه توتر الحمل أي أنه يساوي : $U_{ei} - U_{so}$. وحيث أن $U_{so} > U_{ei}$ ، هذا التوتر سالب ، وخلال هذه الفترة يتناقص التيار في الملف .
- خلال الفترة الباقية من الدور $(1-D)T - D'T$: تيار الملف مساوي للصفر ، وتيار الديود D هو أيضاً مساوي للصفر . جميع القواطع الساكنة محجوزة ، وبناءً عليه فإن توتر الملف U_L سيكون مساوي للصفر . العلاقة السابقة الرابطة بين توتر الخرج وتوتر الدخل لم تعد صالحة وسوف نعدلها . والخطوة الأولى تبدأ بوضع العلاقة الناظمة بين عوامل الدور D و D' .

مسائل محلولة على المقطع الرابع :

مثال (1):

بين كيف يصبح توتر خرج المقطع التفرعي أكبر من توتر الدخل. الشكل (1-a) يوضح دائرة الاستطاعة للمقطع باستخدام ترانزستور MOSFET. يعمل المقطع بمرحلتين Mode1 و Mode2. اشرح آلية العمل والمعادلات الناظمة عندئذ.

الحل:

يتم توصيل القاطع Q_1 عند الزمن $t=0$ ، حيث يبدأ تيار الملف بالتزايد، وعند الزمن t_1 يفتح القاطع وسوف يستمر التيار بالمرور عبر الملف والديود والمكثف والحمل.

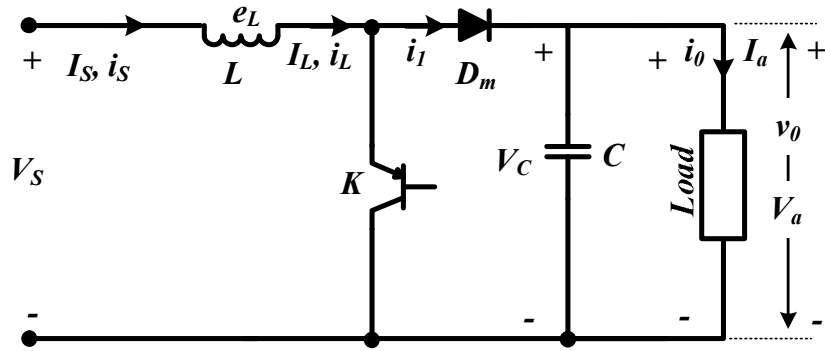
وسوف يتناقص تيار الملف حتى نبدأ دور جديد. الأشكال المكافئة (b) توضح حالتي التشغيل Mode1 و Mode2.

- بفرض أن تيار الملف يتزايد خطياً من I_1 حتى I_2 خلال الزمن t_1 (فترة توصيل Q_1):

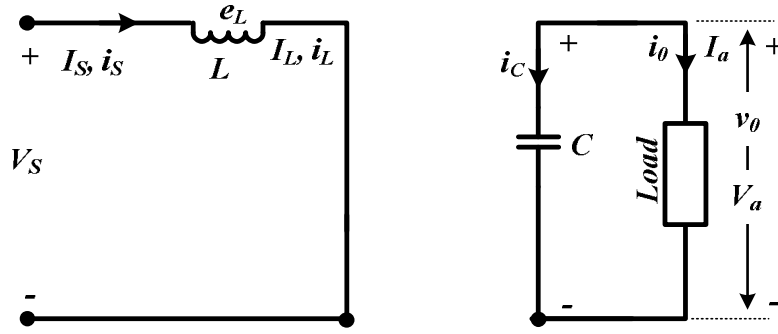
$$U_e = L_S \frac{\Delta I}{t_1} = \frac{I_2 - I_1}{t_1}$$

ومنه يمكن اعتبار أن

$$t_1 = \frac{\Delta I \cdot L_S}{U_e}$$



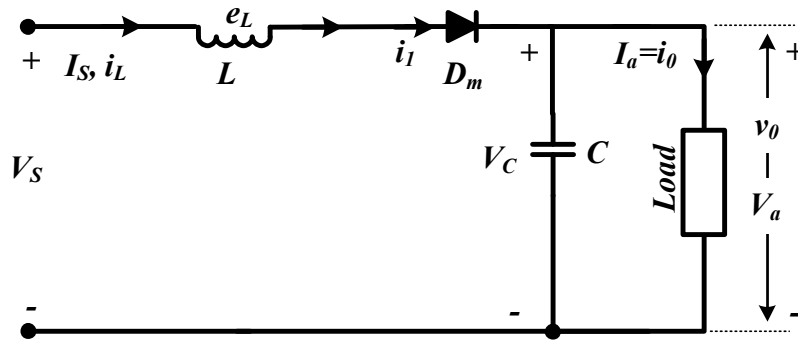
-a- دائرة الاستطاعة للمقطع التفرعي.



-b- تشغيل المقطع التفرعي بتيار مستمر.

حالة التشغيل الأولى Mode1.

حالة التشغيل الثانية Mode2.



-c- التوترات والتيارات.

- خلال الزمن من t_1 حتى t_2 فترة فتح القاطع Q، تيار الملف سوف يتناقص من I_2 إلى I_1 :

$$U_e - U_S = V.I = -L_S \frac{\Delta I}{t_2}$$

$$t_2 = \frac{\Delta I.L_S}{U_e - U_S}$$

ومنه فإن :

$\Delta I = I_2 - I_1$ (تغيرات التيار من القمة للقمة) للملف التسلسلي L. ومن العلاقات (1) و (3)

نجد:

$$\Delta I = \frac{V_S t_1}{L} = \frac{(V_a - V_S) t_2}{L}$$

بالتعويض عن $t_1 = DT$ و عن $t_2 = (1-D)T$ ، فإن علاقة توتر الخرج بتوتر الدخل يمكن استنتاجها من تساوي العلاقات :

$$\Delta I = \frac{U_e \cdot D \cdot T}{L_s} = \frac{(U_s - U_e)(1-D)T}{L_s}$$

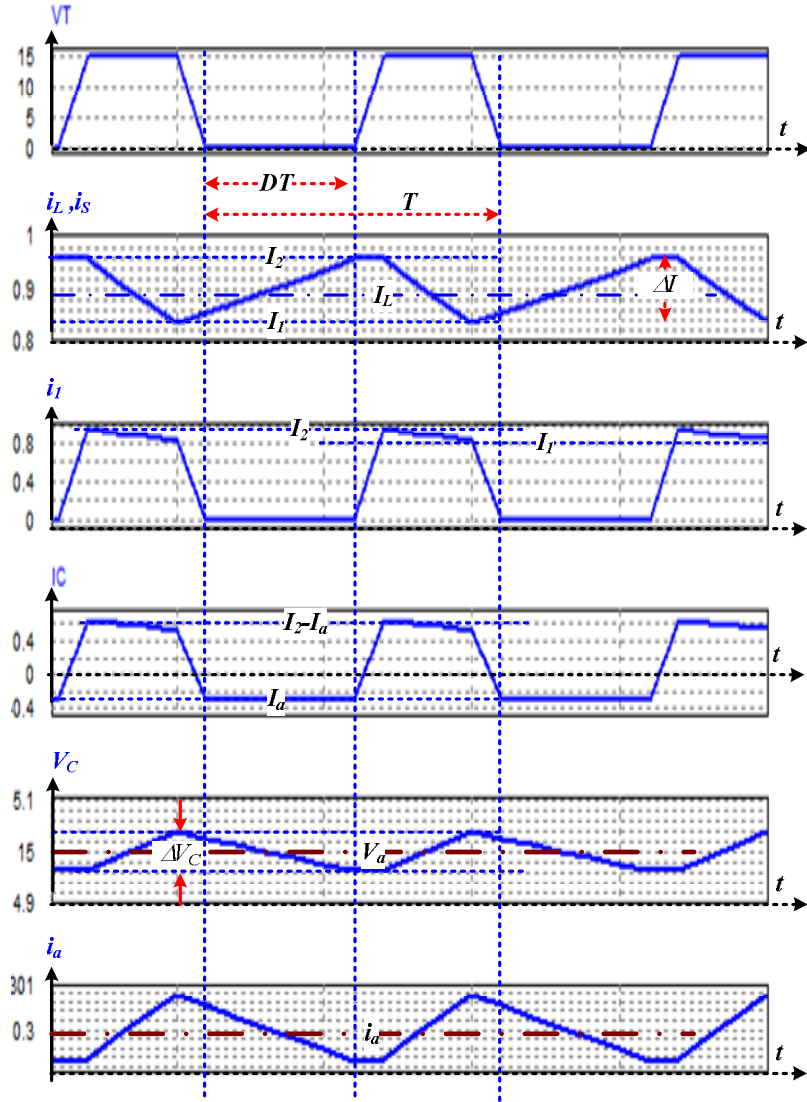
$$U_e \cdot D \cdot T = U_s(1-D)T - U_e T + U_e \cdot D \cdot T$$

$$U_s = \frac{U_e}{1-D}$$

إذا عوضنا في العلاقة (٥) أعلاه عن $D = \frac{t_1}{T}$ أو أن $D = t_1 \cdot F$ ، يمكن كتابة :

$$U_s = \frac{U_e}{1 - t_1 \cdot f}$$

$$t_1 = \frac{(U_s - U_e)}{U_s \cdot f}$$



الشكل -c-(2) تغيرات التوترات والتيارات مع الزمن.

- بفرض عدم وجود مفاويز في الدارة يمكن كتابة:

$$U_e \cdot I_e = U_S \cdot I_S = \frac{U_e \cdot I_S}{1-D}$$

$$I_e = \frac{I_S}{1-D}$$

ومنه نستنتج :

يمكن الربط بين قيمة دور التقطيع وتغيرات تيار الملف وقيمة الملف بالشكل التالي :

$$T = \frac{1}{f} = t_1 + t_2$$

$$T = \frac{\Delta I \cdot L_S}{U_e} + \frac{\Delta I \cdot L_S}{U_e - U_s} = \frac{\Delta I \cdot L_S \cdot U_s}{(U_e - U_s) U_e}$$

$$\Delta I = \frac{(U_e - U_s) U_e}{f \cdot L_S U_s}$$

وبالتعويض عن $D = \frac{(U_e - U_s)}{U_s}$ نجد العلاقة :

$$(11) \dots \Delta I = \frac{U_e \cdot D}{f \cdot L_S}$$

عند يكون القاطع في حالة توصيل، يقدم المكثف التيار للحمل، لذا فإن توتر المكثف سوف يتغير ضمن مجال تابع لتيار الحمل وزمن الحجز للقاطع وسعة المكثف المستخدم، وتردد التقطيع، ويمكن التعبير عن ذلك بالشكل:

$$\frac{1}{C} \int_0^{t_1} I_C \cdot dt = \Delta V_C = V_C - V_{C(t=0)}$$

$$\Delta V_C = \frac{I_S \cdot t_1}{C}$$

بالتعويض عن t_1 من العلاقة (6) نجد :

$$t_1 = \frac{(U_s - U_e)}{U_s \cdot f} \Rightarrow \Delta V_C = \frac{I_S (U_e - U_s)}{f \cdot U_s \cdot C}$$

ويمكن التعبير عن ذلك أيضاً بالشكل :

$$(14) \dots \Delta V_C = \frac{I_S \cdot D}{f \cdot C}$$

تعرجات تيار الملف تتبع عامل الدور، ومقاومة الحمل، وتردد التقطيع ، وقيمة الحثية للملف المستخدم ، ويمكن الربط بينها بالشكل : (نكرر الاستنتاج السابق)

$$\Delta I = 2I_L \Rightarrow \frac{U_e}{L_S \cdot f} = 2I_L = 2I_S = \frac{2U_e}{(1-D)R}$$

ومنه نحسب القيمة الحرجة لحثية الملف L_S :

$$L_S = \frac{D(1-D)R}{2f}$$

بنفس الطريقة يمكن حساب القيمة الحدية لسعة المكثف، إذا كان توتر المكثف المتوسط V_C ،
تعرجات توتر المكثف يعبر عنها بالشكل :

$$\Delta v = 2U_s \Rightarrow \frac{I_s D}{C_s \cdot f} = 2U_s = 2I_s \cdot R$$

ومنه نكتب :

$$C = \frac{D}{2f \cdot R}$$

مسألة ٢ : تطبيق على المقطع التفرعي (الرافع للتوتر):

بالعودة للمقطع التفرعي الوارد في الشكل (1-a) إذا كان توتر الدخل 5V. والتوتر المتوسط في الخرج $V_a = 15V$. ومتوسط تيار الحمل $I_a = 0.5A$ ، وتردد التقطيع 25KHz. $L = 150\mu H$ ، $C = 220\mu F$. بين ما يلي:

- a- عامل الدور D.
- b- تغيرات تيار الملف ΔI .
- c- التيار الأعظمي للملف I_2 .
- d- تعرجات التوتر لمكثف الترشيح ΔV_C .
- e- القيم الحدية الحرجة (Critical) للملف L والمكثف C.

الحل:

$$U_s = \frac{U_e}{(1-D)} \quad \text{a- من العلاقة:}$$

$$15 = \frac{5}{1-D} \Rightarrow D = \frac{2}{3} = 0.6667 \quad \text{لدينا:}$$

$$\Delta I = \frac{(U_e - U_s) \cdot U_e}{f \cdot L_s \cdot U_s} \quad \text{b- من العلاقة:}$$

$$I_s = \frac{0.5}{(1 - 0.6667)} = 1.5A \quad \text{بالتعويض لدينا:}$$

والقيمة العظمى لتيار الملف تساوي:

$$I_2 = I_s + \frac{\Delta I}{2} = 1.5 + \frac{0.89}{2} = 1.945A$$

$$\Delta V_C = \frac{I_s \cdot D}{f \cdot C} \quad \text{d- من العلاقة:}$$

بالتعويض نجد:

$$\Delta V_C = \frac{0.5 \times 0.667}{25000 \times 220 \times 10^{-6}} = 60.61 mV$$

e- لحساب القيم الحرجة الحدية لحثية الملف والمكثف ، نحسب مقاومة الحمل R:

$$R = \frac{V_a}{I_a} = \frac{15}{0.5} = 30 \Omega$$

من العلاقة:

$$L_C = L = \frac{D(1-D)R}{2.F}$$
$$L_C = \frac{0.6667(1-0.6667) \times 30}{2 \times 25000} = 133 \mu H$$

من العلاقة:

$$C_C = \frac{D}{2.F.R} = \frac{0.6667}{2 \times 25000 \times 30} = 0.44 \mu F$$

المطلوب:

تصميم و نمذجة مقطع تفرعي على أحد برامج النمذجة

ح المسائل المتعلقة في ملف المسائل